

КАРСТ — ПРОДУКТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Л. Якуч

Из истории естественных наук известно, что опровергнутые, устаревшие аксиомы продолжают еще долго существовать на страницах учебников, энциклопедий, справочников. Вопреки тому, что выявленные новые истины, касающиеся более широкого круга явлений окажут революционное влияние на мнения специалистов, занимающихся данной тематикой, в общественном мнении продолжает господствовать ставшая несвоевременной научная «вера». В наше время это произошло с истолкованием карстовых явлений и образования карста.

По традиционным схемам, изложенным в учебниках, карстовые явления представляют *результат растворения горных пород под действием атмосферных вод*. Это, в сущности, неправильно. Доказано, что атмосферные воды не растворяют известняки, или только в незначительной степени. Весьма слабая растворяющая деятельность растаившего снега или дождевых вод никогда не достаточна для возникновения разнообразных карстовых явлений. Современная наука выяснила, что большинство карстовых явлений на поверхности Земли безусловно отражает влияние *деятельности ограниченного мира*. Доказано и то, что при некоторых подземных карстовых явлениях, например при формировании натечных образований, основными носителями генетических процессов являются биологические факторы. Следовательно карстификация в нашей солнечной системе представляет своеобразное, исключительно *земное* явление, степень и качество которого прямо пропорциональны с биологической активностью грунта и растений на поверхности.

Старое, общеизвестное истолкование образования карста произошло много столетий назад, в начальной стадии развития наук. Сущность при этом заключалась в том, что вода стекающая на голые известняковые скалы просачивается через трещины и щели этих известняков, поглощая из воздуха двуокись углерода и, как слабая уголекислоты, растворяет известняки. В результате растворения скалы на поверхности приобретают весьма различные формы, образуются т. н. *карровые поля*, а под влиянием растворения пород просачивающейся водой трещины расширяются, образуя повторяющиеся обрушения известняков, с формированием на плато котлообразных углублений, *долин*. Воды, поступающие все глубже через трещины в известняках в глубине соединяются, этим увеличивается их растворяющая деятельность, образуются *большие пустоты, подземельные каналы*. Возникновение своеобразных форм в известняковых горах —

начиная от воронок на поверхности до пещер на глубине — объяснялось растворяющим действием атмосферных вод.

Классической теории о карстах был нанесен первый критический удар, когда, исследователи, почти одновременно на различных континентах, начали изучать химические изменения состава воды просачивающейся в породу. Выяснилось, что воды просачивающиеся в щели известняков, очень быстро, на глубине уже в нескольких метрах, образуют насыщенный известковый раствор. Просачиваясь глубже, насыщенный известковый раствор уже не способен растворять породы, или только при специальных условиях. Таким образом, вода поступающая до пещер, находящихся на глубине сто или больше метров, почти не оказывают растворяющего влияния. «Карстовая вода» поступившая в глубину вместо чтобы растворяла, *осаждаёт* поступившие с поверхности минеральные вещества. Известковые осадки миллионов капель воды формируют натечные образования, следовательно пустоты в пещерах никак нельзя считать результатом растворяющего действия карстовых вод, поступивших на глубину.

Доказано, что системы пустот в известняковых горах вымыты стекающим водным потоком с внешней водосборной площади, т. е. образовались, в основ-

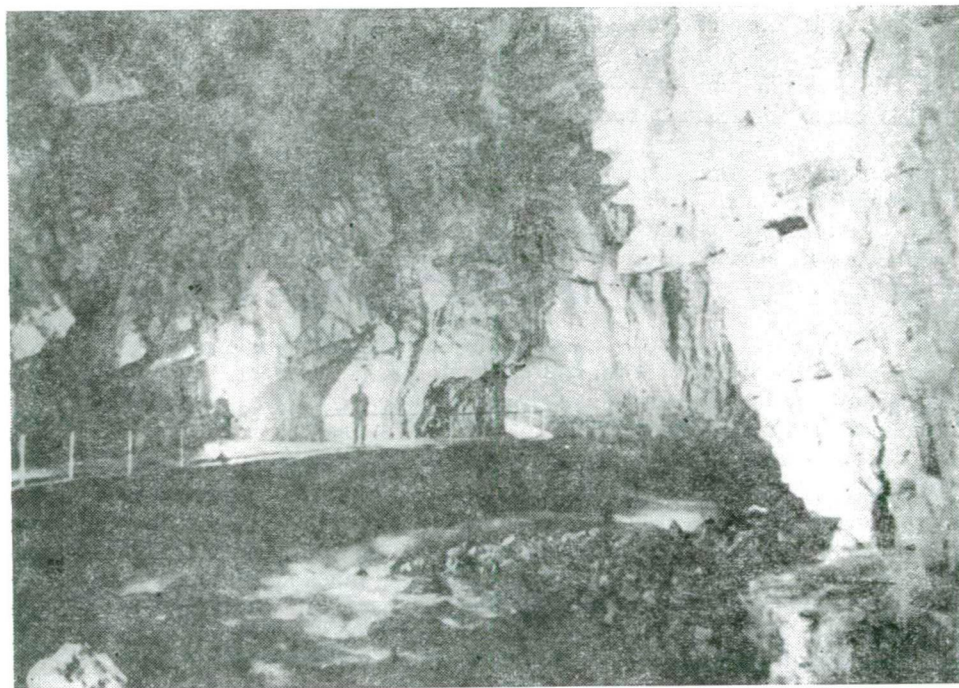


Рис. 1. Большинство систем пещер является не продуктом растворения, а продуктом эрозионной деятельности стекающих вод. Пещеры формируются течением вод, просачивающихся в трещины пород под поверхностью, подобно механизму образования долин, наблюдаемому на поверхности. Большие системы пещер представляют в генетическом смысле эродированные долины рек, со всеми признаками эрозии русел.

ном, под влиянием *эрозии* вызванной выносом твердых веществ, снесенных потоками, вливающимися в карсты. Следовательно, пещеры представляют не продукт растворения, а простую эрозионную долину, русло подземной реки (Рис. 1.). Пещеры не представляют *безусловно* карстовые явления, ведь пещеры образуются только на карстах имеющих систему водостоков с внешним питанием, захватывающую собой твердые наносы.

Последний удар классическому истолкованию карстов был нанесен химическим контролем просачивающихся вод. Конкретными химанализами подтвердили, что среднее содержание двуокиси угля в атмосфере Земли составляет всего 0,03%, т. е. настолько минимальное, что атмосферные воды не могут поглотить ни одного миллиграмма двуокиси угля. Двуокись угля захваченный из свободной атмосферы практически не повышает способности химически чистой воды (дистиллированной) к растворению известняков, эта способность достаточна для растворения всего лишь 10—15 мг известняка. Если бы речь шла только об этом, вряд ли образовались бы на Земле прекрасные карстовые формы известняков. Ведь потеря пород, составляющая 10—15 мг/литр сравнительно мала. Все остальные породы, даже гранит, растворяются в воде почти в такой же мере.

Образцы воды отобранные из систем трещин карбонатных пород карстов или из внутренности пещер показывают совсем другую картину. Содержание растворенной извести в них достигает несколько сотен, иногда тысяча (!) миллиграмм.

Откуда в воде такое огромное количество двуокиси угля, которое достаточно для растворения такого большого количества известняка? Исследования доказали, что во всех случаях из *грунта*. Там где породы покрыты более тонкими или толстыми слоями грунта, там осадки сперва должны пройти через грунтовый покров, только после этого доходит до известняка.

Газовая смесь, заполняющая поры грунта содержит больше двуокиси угля чем свободный воздух. Здесь соотношение газа почти всегда больше 1% иногда и 10%, т. е. в атмосфере грунта накапливается в тридцать, часто в тристо раз больше двуокиси угля чем в воздушной среде.

Нет сомнения в том, что агрессивность карстовых вод с большим содержанием углекислоты, растворяющих много известняков происходит не из воздуха, а из грунта покрывающих карсты. Чем больше углекислоты образовалось и накопилось в грунте, тем интенсивнее и эффективнее будет карстификация, т. е. эрозия известняков вследствие их растворения.

Двуокись угля в грунте образуется за счет находящийся в нем миллионов организмов. Иными словами это значит, что степень карстификации определяется *активностью биологических процессов* наряду с количеством просачивающихся осадков. Растворение известняков т. е. *карстификация*, в сущности, отражает влияние биологических и химических явлений в сфере грунта на покрывающие породы, выраженное формами базисной породы.

Ошибочно утверждение Чолноки Е., согласно которому карстификация в Динаридах произошла в результате эрозии грунтов с поверхности, проследующей за уничтожением лесов поскольку голые известняки растворяются осадками. Это утверждение правдиво, как раз, наоборот: развитие карстовых явлений, образование долин и своеобразных форм карров произошло в *лесном периоде горы*, под грунтовым покровом. Это формы стали видными при последую-

щем сносе склонов, вызвавшим одновременное замедление динамики развития карстов.

Биоактивность карстовых почв конечно не ограничивается только на образование двуокси угля различными бактериями и грибами. Факторами образования двуокси угля и прочих кислот могут быть разлагаемые органические вещества, химическое влияние *корней* растений, разлагания погибших животных и прочие процессы. Грунты с большей биоактивностью представляют собой настоящие химические фабрики, в которых образуются различные *органические кислоты* из которых наиболее важние: муравейная кислота, уксусная кислота, оксалоновая кислота, молочная кислота, пропионовая кислота, различные креповые кислоты, фульвовые кислоты, гумусные и гуминные кислоты и пр. В растворе известняков — наряду с наиболее существенной углекислотой — участвуют и эти соединения в меняющихся соотношениях, ведь и они растворяются просачиванием воды и доходит до известнякового базиса.

Невидимый мир организмов в грунте имеет свои благоприятные и неблагоприятные *жизненные условия*, аналогично прямо известным организмам. Жизненные функции микроорганизмов в грунте очень сильно реагируют, например на *изменение температуры*. Изменение количества бактерий в грунте вызвано даже изменением *дневной температуры*. После длительных исследований, имея материалы наблюдений стало известно, что оптимальный температурный уровень самого себе не является достаточным условием увеличения популяции микроорганизмов в грунте, а это увеличение имеет место при *одновременном влиянии оптимальных значений температур и влажности воздуха*, конечно, если условия проветривания грунта благоприятные. Увеличение или уменьшение любого из перечисленных факторов вызывает немедленное сильное снижение количества бактерий т. е. химическая фабрика в почве производящей кислоты, необыкновенно чувствительна на влияние *климатических условий*.

В тропических почвах с благоприятными условиями температуры и влажности может образоваться в сто или в несколько сотен раз больше органических веществ, чем, например, в грунтах карстов в зонах умеренного климата. Однако, в карстовых грунтах в зонах *умеренного климата* образуется в сто даже в тысяча раз больше углекислоты, чем в грунтах покрывающих карсты в зонах *холодного климата* или же при *холодных поверхностях высокогорья*. Очевидно, что безусловно имеются огромные разницы между интенсивностью карстификации в различных климатических зонах (тропические, пустынные, медитеранные, океанические, высокогорные и прочие холодные пространства). Ведь агрессивность воды на растворение известняков — в виду чувствительности биогенных факторов грунта на различные климатические влияния — становится также зависящей от климата (Рис. 2.) Можно с уверенностью сказать, что территориальные морфологические различия карстовых форм в зонах с различным климатом объясняются *именно этими отклонениями*.

При нашем т. е. при умеренном климате биогенное растворение является основным генетическим фактором *подгрунтовых карр и долин*. В сети корней различных, живущих рядом растений, трав, девер и пр. т. е. в *ризосферах* развивается популяция различных микроорганизмов. Следовательно, в химических процессах соседних ризосфер или грунтовых пространств будут иметь место качественные и количественные отклонения, вызывающие различные концентрации кислот и газов в находящихся рядом частях грунта. *Проветриваемость*

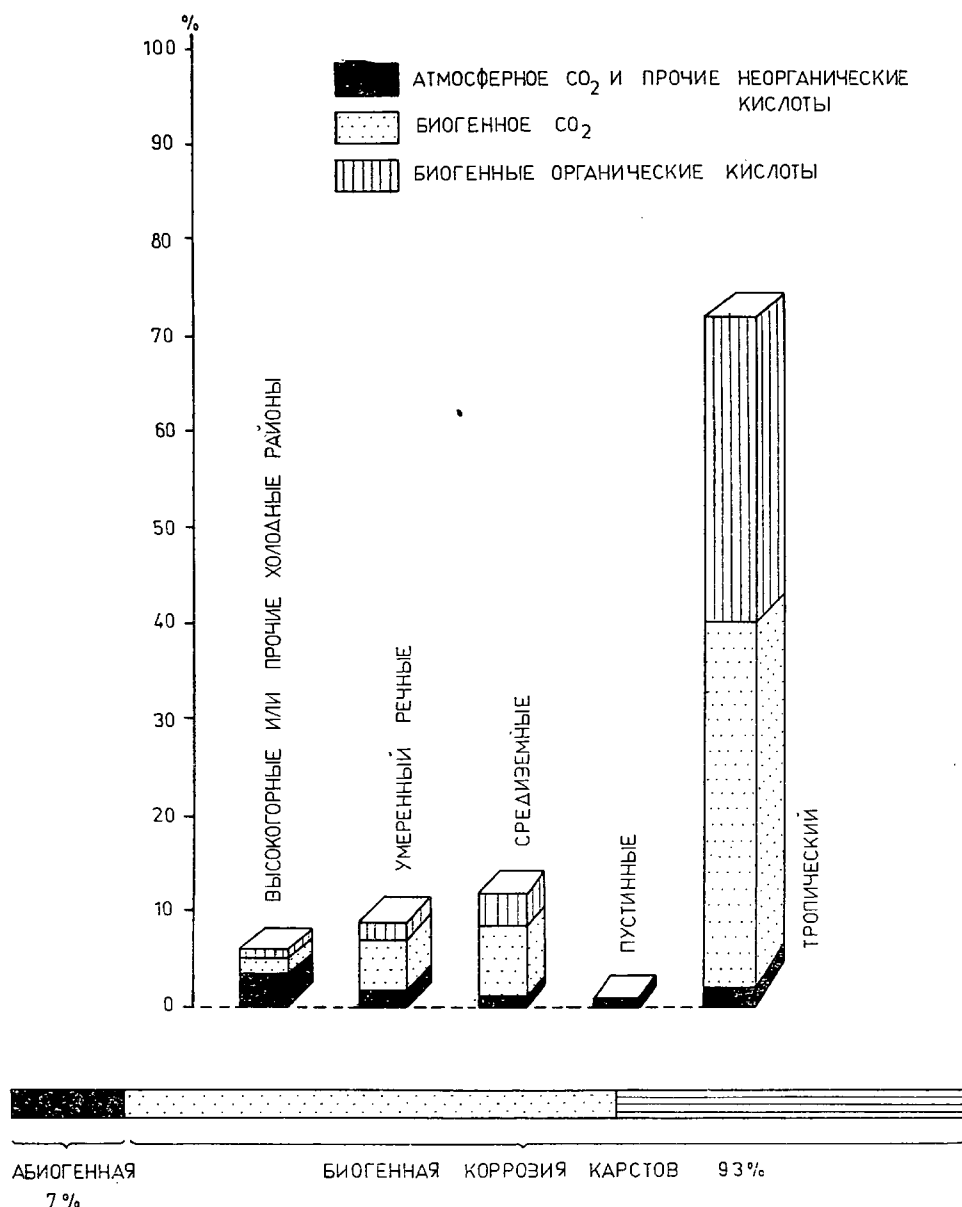


Рис. 2. Величины и соотношения факторов коррозии карстов в некоторых специальных климатических районах Земли. Степень динамики растворения известняка изображена высотой столбов, соотношение факторов, вызывающих процесс растворения представлено соотношением компонент, указанным внутри столбов.

отдельных зон грунта зависит от связности, влажности, климата, мощности биоактивных слоев грунта и от прочих факторов. Проветриваемость, в свою очередь, влияет на концентрацию жидких и газообразных соединений, накапливающихся в грунте. Таким образом, в химическом составе воды, просачивающейся через почву, уже на незначительные расстояния — иногда в нескольких сантиметрах — могут иметь место очень большие отклонения. Эта дифференциация в химической агрессивности отражается в неправильных формах растворения пород, в необыкновенных формах скалистых карров.

Мир бактерий в грунте всегда гуще около корней. Поэтому корни, вдавливающиеся в трещины пород расширяют эти начальные трещины, образуя круглые или овальные каналы растворения. Известняки, пересеченные такими каналами от корней называются *корневыми каррами* (рис. 3), а значительные скальные поверхности, потерявшие грунт, называются *карревыми полями*.



Рис. 3. Известняковые скалы, пересеченные каналами корней, являются доказательством карстификации, проходящей под поверхностью. Карревые корни, представленные на снимке, является образованием с карревого поля над озером Аггтелек, которое уже обнажено.

В тропических районах, где развитие растительного покрова и скрытого животного мира более динамичное, влияние биогенного образования карста намного больше. Каналы корневых карров здесь очень часто пересекают известняки до глубины 20—25 метров, при этом потеря пород из-за растворения составляет около 60—70% (рис. 4.). Необыкновенно большая интенсивность биогенной карстификации наглядно видна на примере деревьев, пересекающих

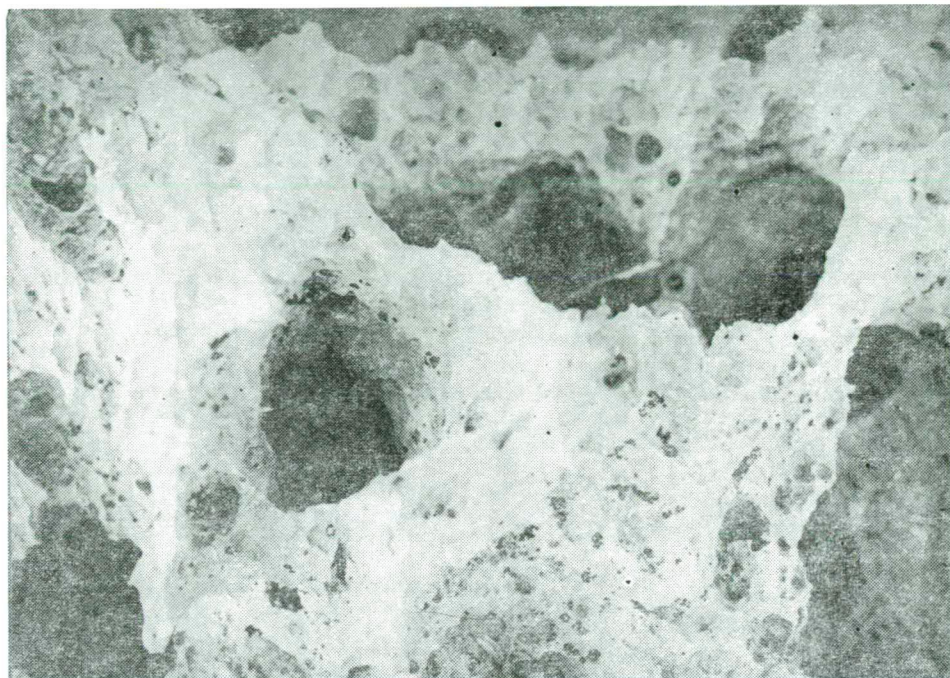


Рис. 4. Коррозия от корней в тропических районах с сильным растением, за короткое время уничтожает слои известняков вблизи поверхности. На снимке представлен известняковый горизонт на Кубе, где потери пород в результате биогенного растворения, составляет 65—68%.

мощные слои известняков. На Кубе и в других тропических местах известны многочисленные пещеры, с кровлей мощностью в несколько метров, в которых выросли деревья в узких каналах, прорезанных этими, же деревьями (Рис. 5).

Опустошение карстов не является закономерным, общим явлением. Если это произошло, в основном, ввиду неправильного вмешательства со стороны человека, то дождевые воды уже прямо прикасаются с известняками опустевших карревых полей. Чистая дождевая вода, стекающая по бокам скал, в небольшой степени растворяет известняки. Под влиянием этой воды образуются небольшие желобки, параллельные друг другу, направление которых соответствует направлению склонов. Это, уже не биогенетическое карревое явление происходит медленно. Название этой формы: *осадковые карры* или *гравитационные карревые бороздки* (Рис. 6.).

Сейчас уже известно, что и *долины* представляют собой типичные биогенные карстовые формы (Рис. 7). Эти котло- или воронкообразные углубления на карстовой поверхности, диаметр и глубина которых составляет иногда всего несколько метров, а иногда и несколько сотен метров при глубине 60—70 м, исследователи до сих пор считали простыми обрушениями ниже находящихся пещер и пустот, образовавшихся в результате растворения пород. В последствии выяснилось, что воронки и пещеры имеют мало общего. Пещеры в глубине



Рис. 5. Дерево, выросшее через слои прочных известняков, мощностью в несколько метров в одной из пещер на Кубе. Корни дерева получают влагу из влажных глин пещеры, а зеленая листва получает солнечные зраки на поверхности, в конце прорытой самым деревом узкого канала. Это является однозначным доказательством биологической, динамичной коррозии карста.

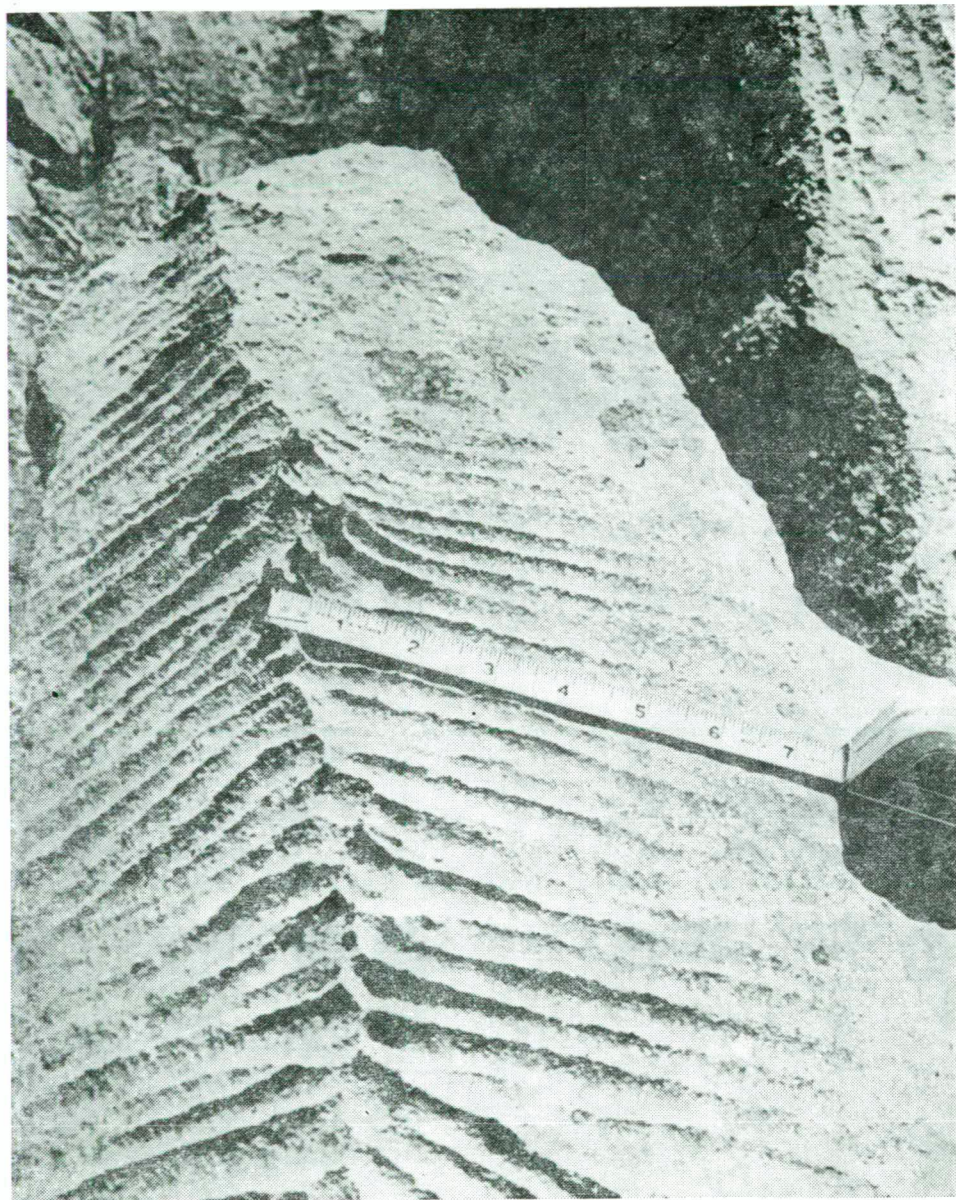


Рис. 6. На обнаженных поверхностях известняков не покрытых грунтом, гребешки осадочных карров небиогенного происхождения развиваются очень медленно и имеют гравитационное направление. По классическому истолкованию образования карста правильное истолкование имело место только при этой форме.

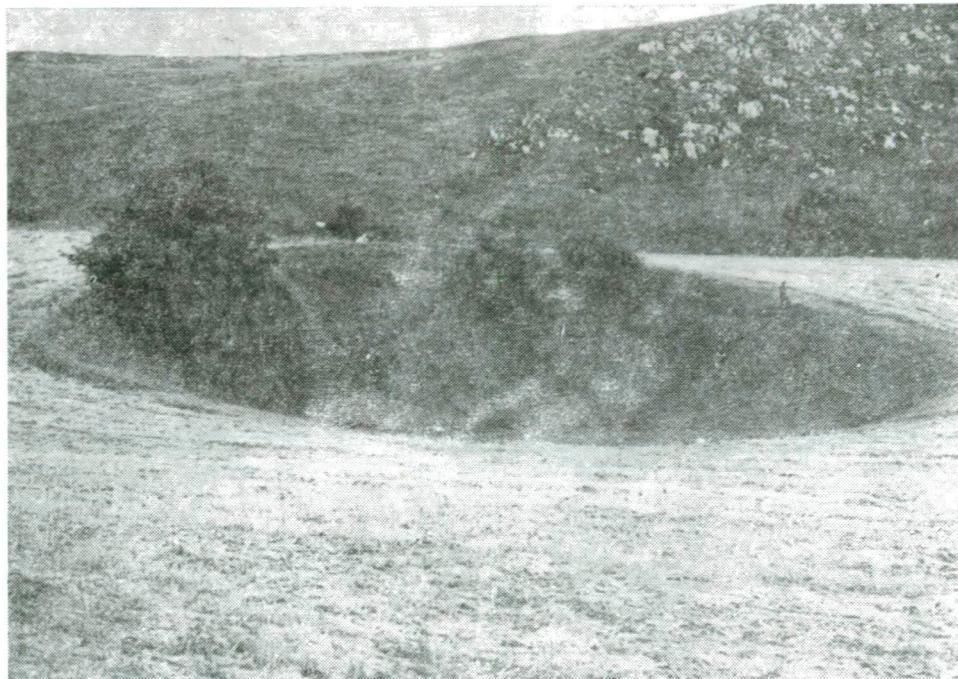


Рис. 7. Характерный продукт биогенной коррозии долина (воронка). Эту большую карстовую формацию, хорошо известную на известняковых плато, образует повышенное растворение пород, характерное для наиболее активных участков грунта. В начале процесса в более глубокие части, плоских в начале углублений смываются частицы грунта из окрестной поверхности, что увеличивает дифференцирование динамики растворения. Таким путем дальнейшее углубление долины становится «самовозбуждающим».

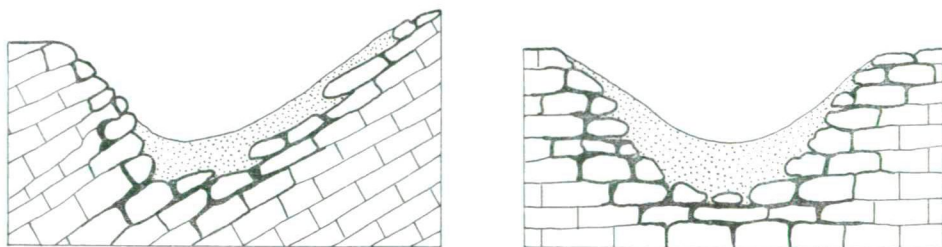


Рис. 8. Разрез долин очищенных до известняковых скал «in situ» хорошо показывает, что образование воронок является результатом коррозии поверхности породы, а не последствием разрушения подземных пустот. Падение слоев в долине не меняется. Условия залегания слоев могут менять только форму дна воронки и падение склона.

почти всегда прослеживаются не около тех мест, где на поверхности находятся карстовые углубления.

Возникновению долин в результате обрушений противоречит и то, что слои пород по бокам воронок почти всегда *сохраняют свои первоначальное падение и угол наклона*, т. е. в процессе образования долин почти не меняется пространственное расположение слоев, в которых проходят определенные явления (Рис. 8.).

Объяснение противоречащих явлений и современная интерпретация образования воронок стали возможным только на основе биогенной карстификации. Согласно сказанному, *долины представляют не что иное как углубления на поверхности*, возникшие в результате растворения пород на тех карстовых плато-на которых наиболее активны грунты покрывающие породы. В углублениях, возникших в результате растворения, которые углубления в начале плоские, частицы рыхлого, гумусового грунта с более высокого рельефа легко смешиваются. Ввиду этого на карстовом плато места с оптимальной коррозией локализуются на более узкие районы. В зоне начинающейся денудации рельефа все больше сконцентрируется процесс растворения пород как результат действия грунтов, ведь с гребешков между долинами, являющимися местами накопления осадков, атмосферные воды снесут все больше грунта. Дальнейшее углубление воронки ускоряет и то, что на седлах и хребтах разделяющих долины, динамика

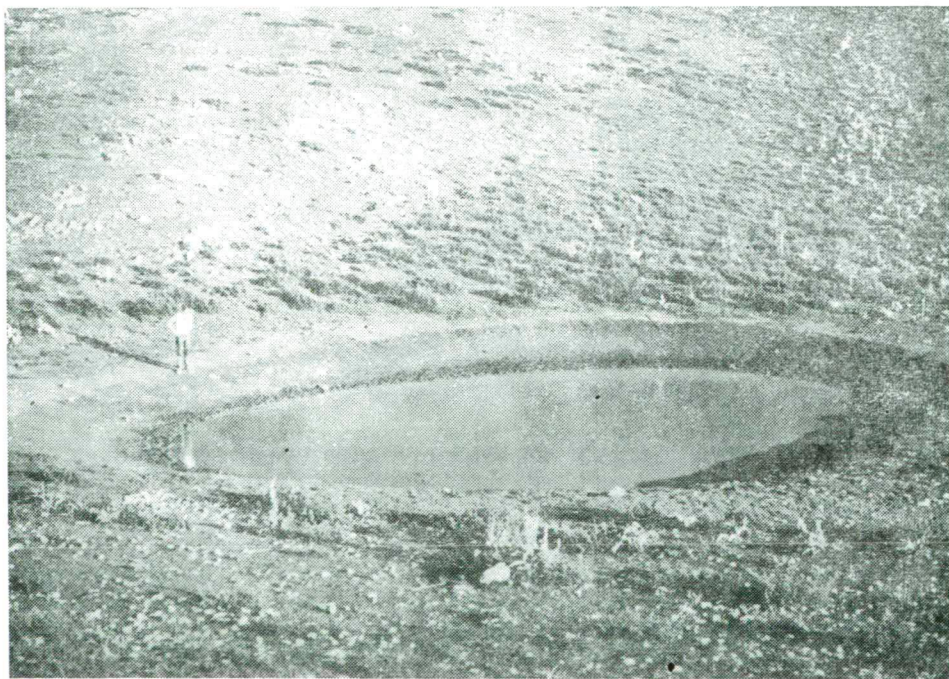


Рис. 9. «Слепая» долина, в дне которой глинистые осадки вмытые с боков образовали водо-заборный слой, претягивая просачиванию атмосферных вод к центру воронки. Такие «озер-ные» долины в этом участке уже не становятся глубже, а расширяются только по сторонам.

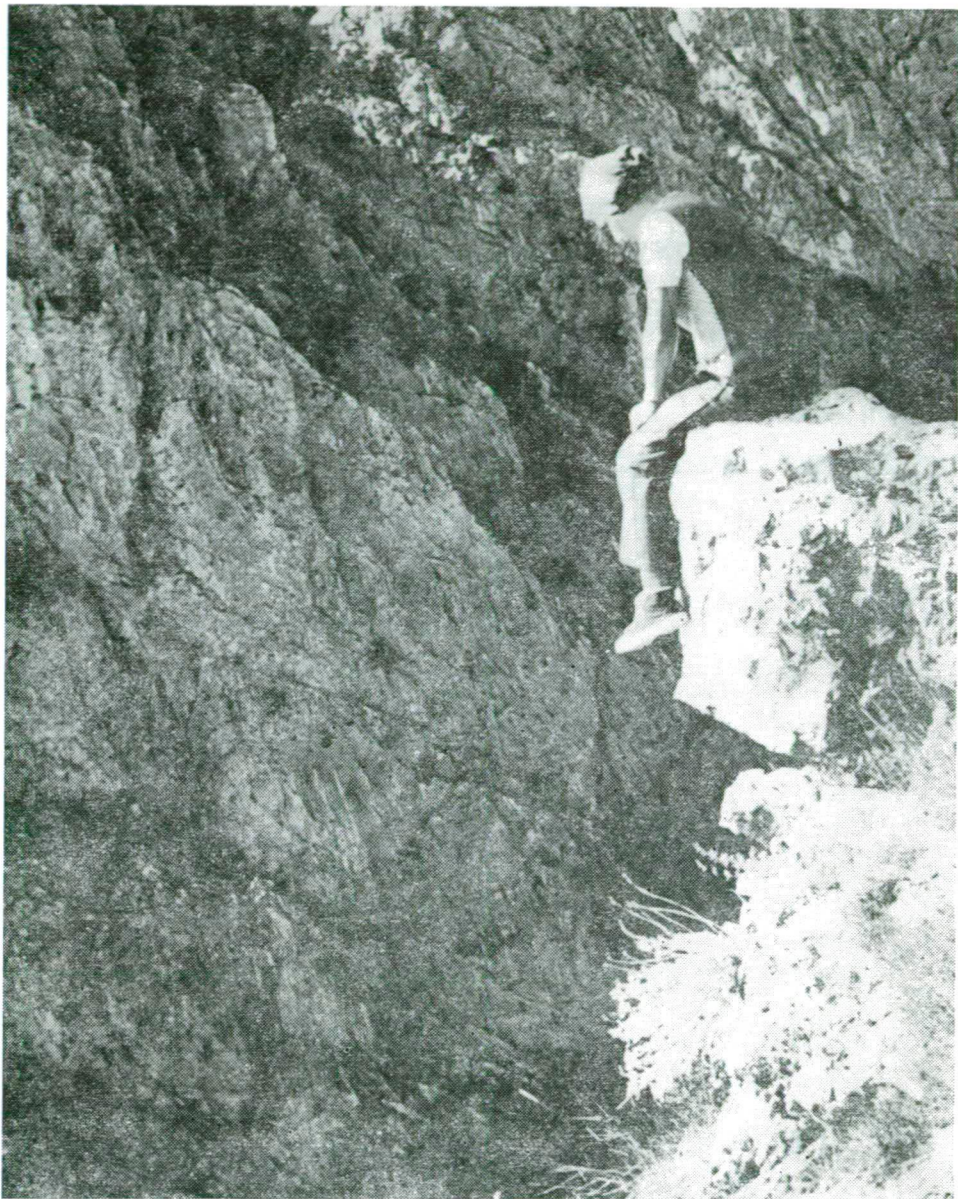


Рис. 10. Характерная долина с крутыми стенами около Имотски в Югославии. Воронка, глубиной в несколько сотен метров образовалась в результате разрушения кровли большой пустоты до поверхности, которая пустота находилась на значительной глубине, а не в результате растворения пород.

карстификации уменьшается, одновременно с почти закономерным опустошением.

Необходимо подумать о том, что *прекращение* процессов дальнейшего углубления долин может быть вызвано сносом грунта.

Если на дне какой то воронки накопится большое количество грунта, то этот грунт может стать и *водозаборным слоем* (глинизация), препятствуя дальнейшему проникновению атмосферных вод в глубину. В этом случае растаянный снег и дождевые воды к известнякам поступают не через грунт осажженный на дне долины, а по бокам воронки, приблизительно там где мощные слои грунта выклиниваются в сторону воронки. Зона интенсивного растворения в старой долине сужается и будет на окраинной кольцевой линии, что в свою очередь, вызывает боковое увеличение воронки. Самый хороший пример такой «слепой» долины представляет Красное озеро в Аггтелекском карсте в Венгрии (Рис. 9).

Конечно, в некоторых карстовых районах известны и «провалившиеся» долины, как например, пещера Мацоха в Моравском карсте или в пещере Скоцияни в Словении. Эти абиогенные формы, имеющие крутые стены и круглое сечение, всегда хорошо отличаются от воронкообразных коррозионных долин (Рис. 10).

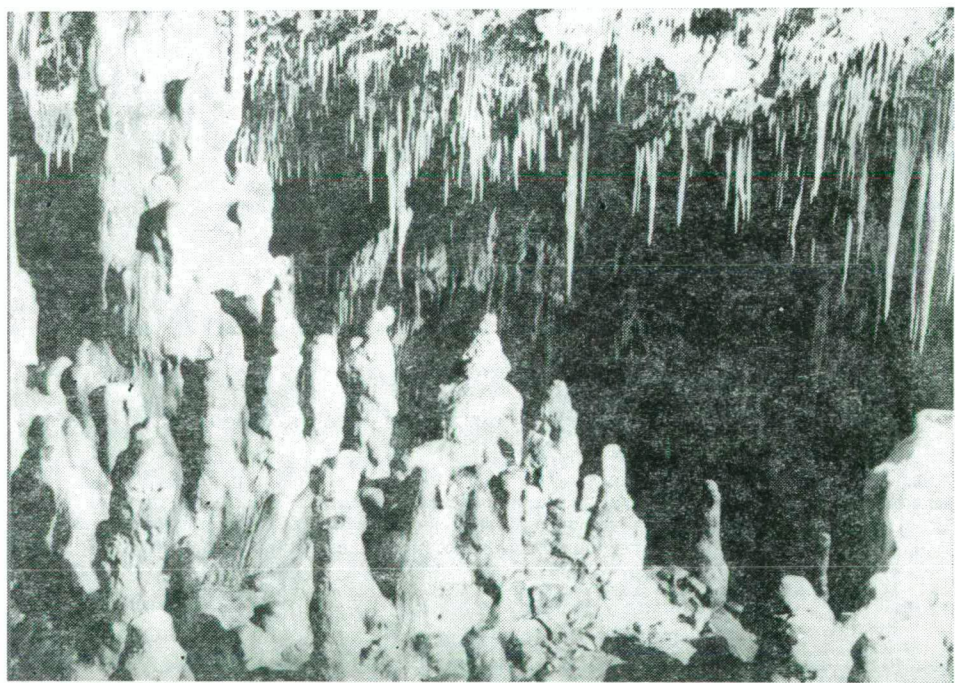


Рис. 11. Сталактиты и сталагмиты в пещере представляют также биогенные формации, поскольку образуются лишь в таких пещерах, над которыми на поверхности наблюдается биогенная коррозия карстов. Из пещер карста в высоких горах и безрастительных и безгрунтовых карстах в холодных зонах кальцитовых натечных образований нет.

Среди биологических карстовых явлений известны не только формы, возникшие в результате растворения известняков. Надо было осознать, что большинство групп *явлений аккумуляции карста* свое начало, динамику, иногда качество форм берет от деятельности организмов. Отложения известняков, встречаемые в пещерах, кальцитовые *сталактиты* и *сталагмиты* (Рис. 11.), разнообразные *натечные образования*, *тетараты известняковых туфф*, образующихся в русле в пещере как поперечные плотины (Рис. 12), накопления известняков туф в верхней части долин около карстовых источников, как например, холм из травертина около Лиллафюред в горах Бюкк в Венгрии, или же известные по своей красоте озера Плитвице в Югославии (Рис. 13), туфовые занавесы по бокам гор в тропических районах — все биогенные карстовые явления.

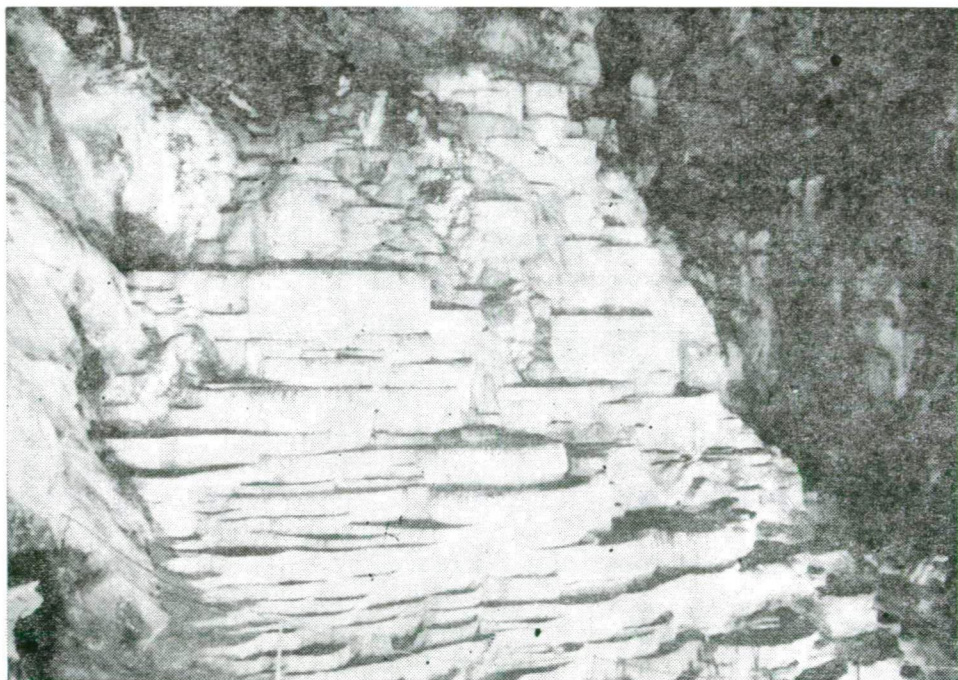


Рис. 12. Образования известковых туфф и известняковые тетараты представляют продукты отложения минеральных веществ, растворившихся в результате биогенной коррозии. Из карстовых вод просачивающихся к пещеры выделяется двуокись угля, поглощенный в слое грунта на поверхности, следовательно известняки снова приобретают твердый вид.

Эту оценку нисколько не меняет то, что среды перечисленных образований имеются карстовые отложения с косвенной биологической регуляцией, где только растворение пород и насыщение растворов зависели от биологических процессов (сюда относятся и пещерные отложения известняков). Среди них имеются и образования, которые *прямо* и вторично отражают деятельность организмов. По этим образованиям способ выделения извести регулируется

Группа I.

Графа А.

Биогенно-коррозионные карстовые явления	А : к 3 от 1
---	-----------------------------

1. Карревые поля образовавшиеся под грунтом

1. Пегматиты

2. Корневые карры, каналы

2. Пегматиты

3. Трещины в породах от растворения и небольшие полости вблизи поверхности

3. Трещины извести

4. Отдельные отвесные пещеры

4. Тетраэдритовые обр. изв.

5. Долины, ряды долин

5. Обломки ста. на г. трс. зан.

6. Увалы

7. Моготы

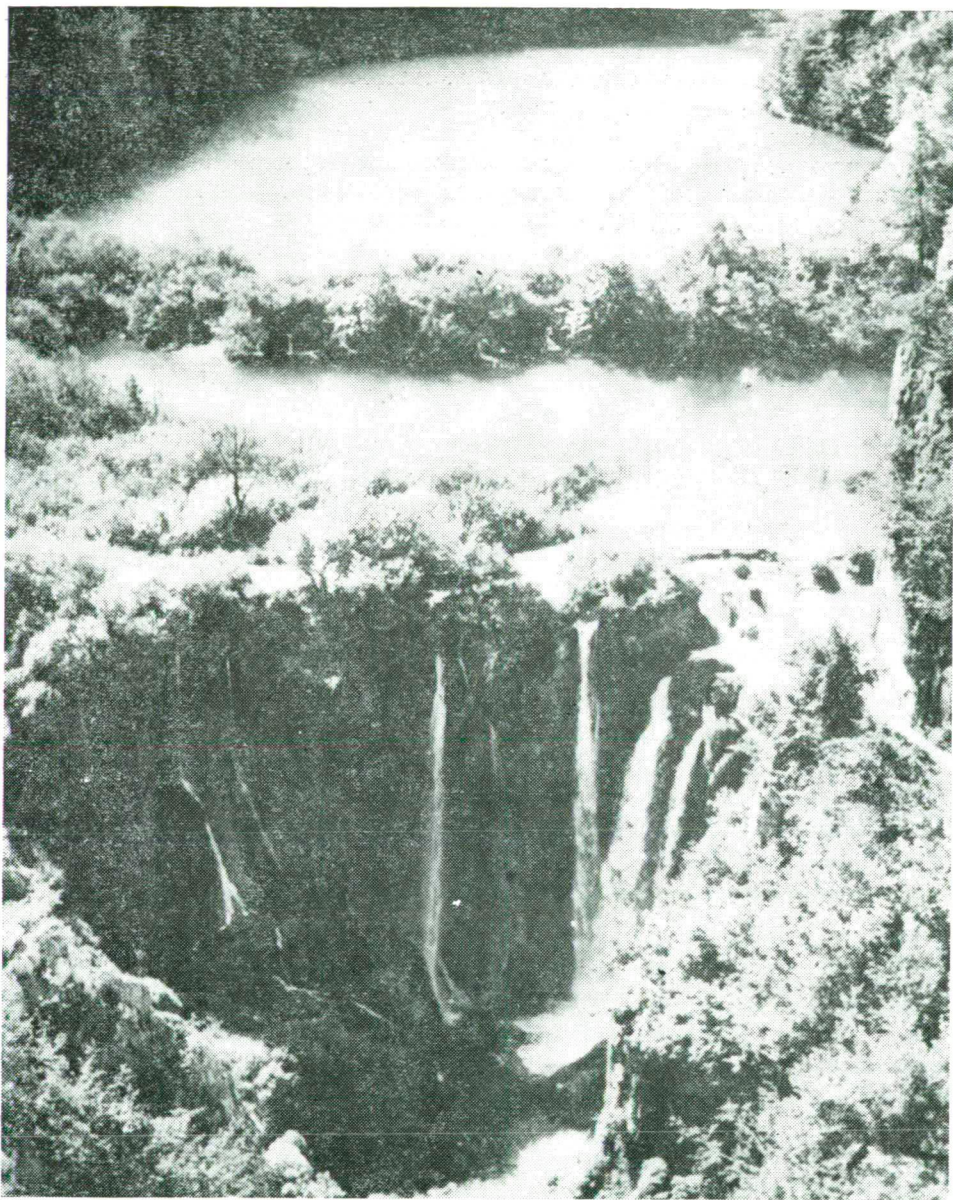


Рис. 13. В руслах и при водопадах карстовых потоков накапливающаяся известковая туфа представляется также биогенным карстовым отложением, поскольку наряду с насыщением при растворении, выделению извести способствует и растение. Зеленые растения живущие в воду или попавшие туда выделяют двуокись углерода из раствора извести путем ассимиляции.

ассимиляцией растений (сюда относятся накопления известняковых туф карстовых источников и карстовых потоков).

Поэтому в пещерах высоких гор без растительности и на полярных территориях с абиогенной поверхностью нет сталактитов и поэтому нет известняковых туф в руслах карстовых источников и потоков. В тропических карстах с богатой растительностью уже на поверхности образуются прекрасные, богатые натечные образования, покрывающие и претворяющие растения, лианы на крутых стенах в «каменные бабы». (Рис. 14).

Для иллюстрации вышесказанного составлена прилагаемая таблица, содержащая генетическую систему важнейших карстовых явлений (см. таблицу).



Рис. 14. Туфовые занавеси в тропических карстах образуются так, что результате выделения извести из стекающих по растениям находящихся на крутых склонах воды, богатой известью, на растениях образуется кора извести. Это является судбоносным для растений и «самоубийственная» аккумуляция извести тем скорее и «беспощаднее» чем интенсивные ассимиляция жизнеспособность растения.